

Kemijski dodatki za betonerska dela pri nizkih temperaturah

Lidija Černilogar, TKK Srpenica, d.d., Srpenica

Povzetek

Betoniranje v hladnem vremenu oziroma betoniranje pri nizkih temperaturah zahteva vrsto zaščitnih ukrepov pri proizvodnji, vgrajevanju in zaščiti svežega betona. Z njimi želimo preprečiti ali zmanjšati negativne vplive nizkih temperatur na sveže vgrajen oz. mlad beton in s tem preprečiti nastanek poškodb, ki se kažejo v poslabšanju fizikalnih in mehanskih karakteristik ter zmanjšanju trajnosti strjenega betona oziroma konstrukcije.

Eden od takšnih zaščitnih ukrepov je uporaba kemijskih dodatkov za delo pri nizkih temperaturah, ki skupaj z nekaterimi drugimi osnovnimi ukrepi omogočajo izvajanje betonerskih del tudi v razmerah, ki so sicer nesprejemljive.

Uvod

Najpogosteje uporabljena definicija hladnega vremena je, da je to časovno obdobje, ko se temperatura zraka kadarkoli v dnevu giblje pod 0 °C in je pri tem srednja dnevna temperatura več kot tri zaporedne dni pod + 5 °C. Obdobje hladnega vremena se konča s tremi zaporednimi dnevi, ko je temperatura najmanj pol dneva nad 10 °C.

Pri nizkih temperaturah se upočasni proces hidratacije, to je vezanja in strjevanja cementa v betonu, zato moramo v vseh fazah (priprava, prevoz, vgrajevanje in nega) zagotoviti take razmere, da bo v konstrukciji kljub nizkim zunanjim temperaturam lahko varno vezal, strjeval in dosegel zahtevane lastnosti. Če ima namreč pri nizkih temperaturah zraka

tudi beton temperaturo nižjo od + 5 °C, se lahko pri hitrem padcu temperature zraka pod 0 °C zgodi, da temperatura betona pade pod ledišče, beton zmrzne, njegova struktura se poruši in posledica so poslabšane lastnosti in trajnost strjenega betona.

Ker se v praksi razmere glede temperature pri pripravi, vgradnji in nadaljnjem strjevanju betona zelo razlikujejo in ker so tudi betonske konstrukcije zelo različnih oblik, dimenzij ter zahtevanih karakteristik in trajnosti, so v različnih tehničnih specifikacijah podane splošne zahteve za delo v hladnem vremenu in minimalne zahteve za temperaturo svežega betona in podlage, v strokovni literaturi in v internih navodilih pa najdemo tudi podrobnejše zahteve in navodila.

S katerimi ukrepi oziroma kombinacijo ukrepov doseči predpisane zahteve v konkretnem primeru v praksi, naj bi bila stvar vseh sodelujočih: od projektanta in tehnologa do dobavitelja betona in izvajalca del, med gradnjo pa tudi nadzora.

Splošni ukrepi za betoniranje pri nizkih temperaturah

Težavam se lahko v precejšnji meri izognemo ali jih vsaj ublažimo, če jih predvidimo, če sistematično spremljamo vremenske napovedi in predvidimo ukrepe, če pride do sprememb obstoječih oziroma predvidenih razmer in dela skrbno načrtujemo - organiziramo proizvodnjo, vgrajevanje in nego sveže vgrajenega betona.



Izbira ustreznih osnovnih materialov

- Cement: uporabljamo cemente, ki sproščajo večjo hidratacijsko toploto, tj. čiste cemente večje specifične površine višjih trdnostnih razredov ali cemente s čim manjšo vsebnostjo žlindre. Če je le mogoče, ne uporabljamo cementov z dodatkom pucolanov.
- Agregat: ne sme vsebovati ledu, snega in zmrznjenih grud.

Sestava/receptura betona

- Količina cementa: smiselno je uporabiti večjo količino cementa.
- V/C faktor: čim nižji, obdelavnost povečamo z uporabo ustreznih kemijskih dodatkov.
- Kemijski dodatki: za delo pri nizkih temperaturah, za zmanjšanje V/C faktorja.

Temperatura svežega betona

- Temperatura svežega betona naj bi bila pri vgradnji najmanj + 5 °C, vendar se pri zahtevnejših konstrukcijah temperatura svežega betona

pri vgradnji določi glede na najmanjše dimenzije prereza betonskega elementa (preglednica 1). Dosežemo jo s segrevanjem osnovnih materialov, pri čemer moramo paziti, da cement ne pride v stik s prevročim agregatom ali vodo, da ne bi začel prehitro vezati (če je temperatura vode > 60 °C, moramo obvezno najprej mešati cement in agregat).

- Pri prevozu moramo upoštevati, da se beton med prevozom ohlaja, zato moramo v betonarni pripraviti beton s temperaturo, ki bo ustrezno višja od temperature, zahtevane pri vgradnji.
- Pri masivnih betonih s prezi več kot 90 cm je treba posebej paziti, da razlika med temperaturama betona v jedru in na površini ni večja od 20 °C, sicer obstaja nevarnost nastanka termičnih razpok.

Vgrajevanje

- Če je le mogoče, izvedemo betoniranje v času najvišjih dnevni temperatur.

- S podlage, armature, opažev in vseh vgradnih elementov moramo odstraniti sneg in led, njihova temperatura mora biti $> 0^{\circ}\text{C}$ oziroma bolje $> 3^{\circ}\text{C}$.
- Delo mora biti organizirano tako, da ni zastojev, da se beton vgrajuje kontinuirano in da proste površine betona zaščitimo takoj po končni obdelavi.

Nega in zaščita

- Beton moramo zaščititi pred izsuševanjem in izgubo toplote. Ustrezna izolacija je eden najpomembnejših dejavnikov pri betoniranju pri nizkih temperaturah - potem ko smo vgradili beton z zahtevano temperaturo, moramo poskrbeti, da se le ta čez noč ne izgubi.
- Uporabimo lahko različne izolacijske materiale, s katerimi pokrijemo proste površine betona ali toplotnoizolacijske opaže.
- Vrsta in čas nege sta odvisna od temperature zraka, temperature in sestave svežega betona, vitkosti elementa in drugih zahtev, ki kakor koli vplivajo na kakovost in potek del.

Kontrola

V okviru predpisane tekoče kontrole betona redno nadzorujemo tudi:

- temperaturo zraka,
- temperaturo osnovnih komponent,
- temperaturo svežega betona v betonarni,
- temperaturo svežega betona ob dobavi in vgradnji,
- temperaturo površine in jedra betona,
- razvoj tlačnih trdnosti betonskih preskušancev, negovanih v enakih razmerah kot beton v konstrukciji.

Kemijski dodatki za delo pri nizkih temperaturah

Kemijski dodatki za beton se kot četrta komponenta betona že dolgo uporabljajo tudi

za betoniranje pri nizkih temperaturah. Včasih so v velikih količinah uporabljali dodatke na podlagi kloridov, ki so sicer zelo učinkovita pospešila vezanja in strjevanja, vendar pa je njihova uporaba zaradi vpliva na korozijo armature že dlje časa prepovedana.

Standard SIST EN 206-1: Beton - 1. del dopušča uporabo kemijskih dodatkov, ki so

skladni z zahtevami standarda SIST EN 934-2: Kemijski dodatki za beton, malto in injekcijsko maso - 2. del (preglednica 2).

Kemijski dodatki za delo pri nizkih temperaturah imajo različen princip delovanja, v vseh primerih pa pripomorejo k hitrejšemu vezanju oziroma strjevanju betona, tj. omogočajo, da beton hitreje

doseže zahtevano minimalno trdnost, pri kateri je lahko izpostavljen zmrzovanju. Lahko jih uporabljamo same ali v kombinaciji s plastifikatorji ali superplastifikatorji, ki dodatno pripomorejo k hitrejšemu strjevanju betona.

V praksi uporabljamo tudi dodatke, ki imajo še dodaten učinek npr. antifrizna ali plastifikatorja oziroma superpla-

Za velike gradbene podvige.

Okolju prijazne izdelke za gradbeništvo, vgrajevanje, pritrdjevanje, tesnenje in gradnjo odključuje visoka kakovost, skrb za okolje in 60 letna tradicija.

TKK

Pravi prijatelj vseh mojstrov www.tkk.si

PROIZVODNJA KEMIJSKIH IZDELKOV - SRPENICA OB SOČI 2014

stifikatorja. Kako posamezna vrsta dodatka vpliva na hidratacijo cementa oziroma hitrost strjevanja betona, je prikazano v preglednici 3.

Ko uporabljamo kemijske dodatke, moramo vedeti, da je učinek vseh vrst kemijskih dodatkov odvisen od vrste cementa, zato se časi vezanja oziroma strjevanja betonov enakih sestav, pripravljenih z enakimi količinami istih dodatkov in z različnimi cementi, lahko zelo razlikujejo. Na hitrost hidratacije cementa dodatno vpliva tudi sproščena toplota hidratacije, ki je odvisna od vrste cementa, količine cementa ter vsebnosti zamesne vode. Učinek kemijskih dodatkov in toplote hidratacije se »sešteva«, pri tem pa je pri enaki masi oziroma volumnu betona odvisen še od oblike betonskega elementa: pri elementih z velikimi odprtimi površinami bo izguba toplote večja, njen sinergijski učinek pa tako manjši.

Zato se ob enakih predvidenih zunanjih razmerah za izbiro in količino dodatkov odločamo glede na sestavo betona (vrsto cementa, količino odmerjenega cementa, V/C faktor, vrsto in sestavo mineralnega agregata) in obliko betonskega elementa/konstrukcije.

Z ustrezno kombinacijo ukrepov (gretje vhodnih materialov, ustrezna nega in toplotna zaščita sveže vgrajenega betona, ogrevanje opažev ...) in pravilno izbranimi kemijskimi dodatki lahko izvajamo dela tudi do temperature - 10 °C.

Da se izognemo temperaturnim šokom in s tem nastanku razpok, pa je pomembno, da zaščito betona odstranimo šele, ko beton doseže predpisan delež tlačne trdnosti, ki je odvisna od predvidene dnevne temperature po končani zaščiti (preglednica 4).

Pri nas se v praksi za manj zahtevne betone najpogosteje

Preglednica 1:

Temperatura betona pri vgradnji in dovoljeni padec temperature v odvisnosti od najmanjše dimenzije prereza betonskega elementa

Najmanjša dimenzija prereza	Najnižja temperatura betona pri vgrajevanju	Največji dovoljeni padec temperature v 24 urah po odstranjeni zaščiti
manj kot 30 cm	11 °C	20 °C
od 30 do 90 cm	9 °C	17 °C
od 90 do 180 cm	7 °C	12 °C
več kot 180 cm	5 °C	10 °C

Preglednica 2: SIST EN 934-2: Klasifikacija in definicije kemijskih dodatkov za beton

Vrsta dodatka po SIST EN 934-2	Definicija
Kemijski dodatki za delo pri nizkih temperaturah	
Pospešilo vezanja	Skrajšuje čas do začetka prehoda mešanice iz plastičnega v trdo stanje.
Pospešilo strjevanja	Povečuje hitrost razvoja začetnih trdnosti brez ali z vplivom na čas vezanja.
Dodatki, s katerimi povečamo učinkovitost dodatkov za delo pri nizkih temperaturah	
Plastifikator	Omogoča znižanje količine vode v mešanici betona brez vpliva na konsistenco ali zveča posed/razlez brez vpliva na delež vode ali istočasno učinkuje na oba načina.
Superplastifikator	Omogoča visoko znižanje količine vode v mešanici betona brez vpliva na konsistenco ali znatno zveča posed/razlez brez vpliva na delež vode ali istočasno učinkuje na oba načina.

Preglednica 3: Učinek vrste dodatka na hidratacijo cementa

Vrsta dodatka	Učinek na hitrost hidratacije oziroma temperaturo svežega betona
Standardni	
Pospešilo vezanja	<ul style="list-style-type: none"> • Hitrejša začetna faza hidratacije – vezanja in tako posredno tudi hitrejši prirast zgodnjih trdnosti. (Op.: večina v prašnati obliki → težje dodajanje na betonarni → običajno se uporabljajo kot dodatek maltam za zidanje, manj kot dodatek betonom.)
Pospešilo strjevanja	<ul style="list-style-type: none"> • Večja hitrost hidratacije cementa → večja hitrost prirastka zgodnjih trdnosti → hitrejše doseganje t. i. prehodne zmrzilske odpornosti in varne trdnosti betonskih konstrukcij. • Toplota hidratacije se sprošča hitreje, kot se odvaja skozi proste površine → višja temperatura betona.
Plastifikator (5-10 % zmanjšanje vode) Superplastifikator (5-40 % zmanjšanje vode)	<ul style="list-style-type: none"> • Znižanje V/C faktorja → manjša količina vode → manjša poraba toplote hidratacije za segrevanje vode → višja temperatura betona. • Znižanje V/C faktorja → manjša količina vode → višje trdnosti.
Dodatki z dvojnimi učinki	
Pospešilo strjevanja z učinkom antifrizna	<ul style="list-style-type: none"> • Kot pospešilo strjevanja. + • Znižanje zmrzišča vode.
Pospešilo strjevanja z učinkom superplastifikatorja	<ul style="list-style-type: none"> • Kot pospešilo strjevanja. + • Kot superplastifikator.
Superplastifikatorji z učinkom pospešila prirastka trdnosti	<ul style="list-style-type: none"> • Kot superplastifikator. + • Kot pospešilo strjevanja.

Preglednica 4: Delež tlačne trdnosti ob odstranitvi zaščite

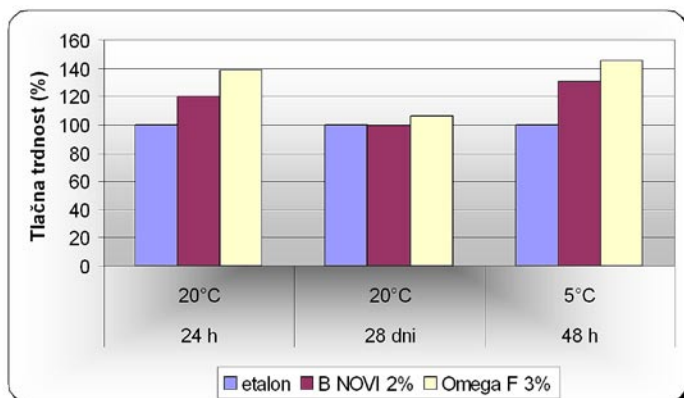
Predvidena dnevna temperatura po odstranitvi zaščite	Odstotek predpisane tlačne trdnosti betona
nad 0 °C	50 %
od 0 °C do -5 °C	65 %
od -5 °C do -10 °C	85 %
pod -10 °C	95 %

Preglednica 5:

Cementoli® - kemijski dodatki TKK za betoniranje pri nizkih temperaturah

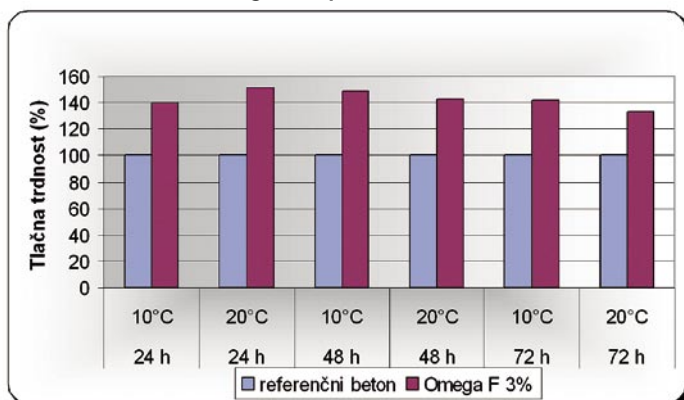
Cementol®	Vrsta dodatka	Dozacija (% na maso cementa)
Omega P	Pospešilo vezanja (za malte)	1-3 (na maso cementa/cementa+apna)
Akcelerator R	Pospešilo strjevanja	1-2
B NOVI	Pospešilo strjevanja z učinkom antifrizna	1-2
Omega F Omega F-conc.	Pospešilo strjevanja z učinkom superplastifikatorja	2-4 1-2
Delta Ekstra	Plastifikator	0,2-0,6
Zeta / P / T Zeta / P / T – conc.	Superplastifikator	1-3 / 1-3 / 1-3 0,5-1,5 / 0,5-1,5 / 0,5-1,5
Zeta PLUS / Super S	Superplastifikator-hiperplastifikator	0,3-1,4 / 0,2-1,5
Zeta Super SR / Hiper ABK	Superplastifikatorji z učinkom pospešila prirastka trdnosti	0,4-3,0 / 0,2-1,5

Diagram 1:
Učinek Cementolov® B NOVI in Omega F na prirast tlačne trdnosti betona



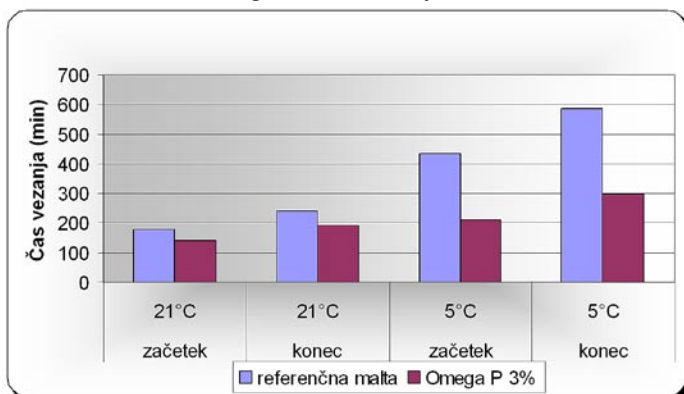
Cement: CEM I 42,5 R
Doza cementa: 350 kg/m³
Agregat: 0-31 mm
Posed: referenčni beton 70 mm; B NOVI 80 mm; Omega F 70 mm
V/C: referenčni beton 0,51; B NOVI 0,51; Omega F 0,44

Diagram 2:
Učinek Cementola® Omega F na prirast tlačne trdnosti betona



Cement: CEM II/A-S 42,5 R
Doza cementa: 370 kg/m³
Agregat: 0 - 16 mm
Posed: referenčni beton 155 mm; Omega F 170 mm
V/C: referenčni beton 0,50; Omega F 0,43

Diagram 3:
Učinek Cementola® Omega P na čas vezanja cementne malte



Cement: CEM I 42,5 R
Pesek: DIN EN 196-1
Cement : pesek: 1 : 3
Razlez: 180 mm



uporablja samo pospešilo strjevanja z učinkom antifrizna (B NOVI), za zahtevnejše betone (višje trdnosti, večja stopnja vodonepropustnosti ...) pa pospešilo strjevanja z učinkom superplastifikatorja (Omega F) ali kombinacije pospešila strjevanja z učinkom antifrizna (B NOVI) s plastifikatorjem (Delta Ekstra) oziroma različnimi superplastifikatorji (Zeta / P / T / PLUS / Super S). Predvsem pri uporabi samozgoščevalnih betonov (SCC) se uporabljajo superplastifikatorji z učinkom pospešila prirastka trdnosti (Zeta Super SR / Hiper ABK) ali kombinacijo hiperplastifikatorja Zeta Super S in pospešila strjevanja B NOVI.

Za pripravo malt pa se v hladnem obdobju uporablja pospešilo vezanja Omega P.

V preglednici 5 so navedeni kemijski dodatki TKK za betoniranje pri nizkih temperaturah. V diagramih 1, 2 in 3 je prikazan učinek Cementolov B NOVI in Omega F na tlačno trdnost betona in Cementola Omega P na čas vezanja malte pri nizki in normalni temperaturi.

Sklep

Tudi pri nizkih temperaturah lahko varno in uspešno izvajamo betonarska dela, če spoštujemo navodila za delo pri nizkih temperaturah.

Kemijskih dodatki za betoniranje pri nizkih temperatu-

rah sami ali v kombinaciji s plastifikatorji in superplastifikatorji pospešijo prirast trdnosti betona, ki tako hitreje doseže zahtevano trdnost, pri kateri je odporen na učinke mraza. Vedeti pa moramo, da je uporaba kemijskih dodatkov samo eden od vrste ukrepov, ki jih moramo izvesti pri betoniranju pri nizkih temperaturah. Za uspešno izvedbo moramo predvsem izbrati takšno kombinacijo, ki bo v predvidenih vremenskih razmerah glede na zahteve projekta najustreznejša.

Literatura

SIST EN 934-2: 2002, Kemijski dodatki za beton, malto in injekcijsko maso – 2. del: Kemijski dodatki za beton – Definicije, zahteve, skladnost in označevanje.

SIST EN 206-1: 2003, Beton – 1. del, Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost.

Kavčič, F., Kemijski dodatki za betoniranje pri nizkih temperaturah, Srečanje TKK Srpenica, Bovec, oktober 2004.

Šajna, A., Standard prEN 13670:2006 – Izvajanje betonskih konstrukcij, ZBS, konferenca »Izvajanje betonskih del«, Lipica, maj 2008.

Kavčič, F., Nega in zaščita svežega betona, Srečanje TKK Srpenica, Bovec, oktober 2008.

Arhiv tehnične dokumentacije TKK Srpenica.